

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-294506

(43) 公開日 平成10年(1998)11月4日

(51) Int.Cl.⁸

H 0 1 L 43/08

G 1 1 B 5/39

H 0 1 F 10/08

識別記号

F I

H 0 1 L 43/08

G 1 1 B 5/39

H 0 1 F 10/08

Z

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平9-100274

(22) 出願日

平成9年(1997)4月17日

(71) 出願人 000010098

アルプス電気株式会社

東京都大田区雪谷大塚町1番7号

(72) 発明者

中澤 由紀恵

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプ

ス電気株式会社内

(72) 発明者

斎藤 正路

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプ

ス電気株式会社内

(72) 発明者

長谷川 直也

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプ

ス電気株式会社内

(74) 代理人

弁理士 野▲崎▼ 照夫

最終頁に続く

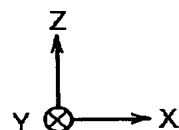
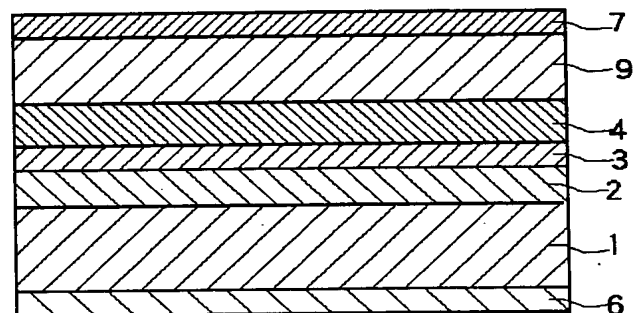
(54) 【発明の名称】 スピンバルブ型薄膜素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 反強磁性層の上に固定磁性層、非磁性導電層、及びフリー磁性層が積層され、前記4層の両側にハードバイアス層が形成されているスピンバルブ型薄膜素子では、ハードバイアス層からの洩れ磁界を良好にフリー磁性層に与えるために、4層の両側をエッチングして、4層を台形状にする必要がある。またハードバイアス層の磁化と直交する方向に固定されている固定磁性層の磁化がハードバイアス層からの洩れ磁界により、不安定化する可能性がある。

【解決手段】 フリー磁性層4の上に形成される反強磁性層9は、反強磁性層1のブロッキング温度よりも低く、またフリー磁性層4と反強磁性層9との交換異方性磁界は、反強磁性層1と固定磁性層2との交換異方性磁界よりも小さくなっている。反強磁性層1, 9のブロッキング温度差を利用してアニール処理が施されることにより、固定磁性層1とフリー磁性層4の磁化の方向と強さが適正に制御される。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の反強磁性層の上に、前記反強磁性層との交換異方性磁界により磁化方向が固定される固定磁性層が形成され、その上に非磁性導電層、およびフリー磁性層が積層されて成るスピバルブ型薄膜素子において、前記フリー磁性層の上には交換異方性磁界により前記固定磁性層の磁化方向と交叉する方向に前記フリー磁性層の磁化を揃える第2の反強磁性層が形成されており、前記第1の反強磁性層は前記第2の反強磁性層よりブロッキング温度が高く、しかも前記第1の反強磁性層と固定磁性層との交換異方性磁界が、前記第2の反強磁性層とフリー磁性層との交換異方性磁界よりも大きいことを特徴とするスピバルブ型薄膜素子。

【請求項2】 前記第1の反強磁性層のブロッキング温度が300℃以上であり、前記第2の反強磁性層のブロッキング温度が100℃～280℃である請求項1記載のスピバルブ型薄膜素子。

【請求項3】 前記第1の反強磁性層と固定磁性層との交換異方性磁界が2000e（エルステッド）以上であり、前記第2の反強磁性層とフリー磁性層との交換異方性磁界が2～2000eである請求項1または請求項2に記載のスピバルブ型薄膜素子。

【請求項4】 前記第1の反強磁性層が、Pt-Mn（白金-マンガン）合金膜、Ni-Mn（ニッケル-マンガン）合金膜、Pd-Pt-Mn（パラジウム-白金-マンガン）合金膜のいずれかで形成されており、前記第2の反強磁性層が、Ir-Mn（イリジウム-マンガン）合金膜、Rh-Mn（ロジウム-マンガン）合金膜、Fe-Mn（鉄-マンガン）合金膜のいずれかで形成されている請求項1ないし請求項3のいずれかに記載のスピバルブ型薄膜素子。

【請求項5】 前記第1の反強磁性層がPt-Mn合金膜で形成されるとき、前記Pt-Mn合金膜の組成比は、Ptが44～51原子%で、Mnが49～56原子%の範囲である請求項1ないし請求項4のいずれかに記載のスピバルブ型薄膜素子。

【請求項6】 第1の反強磁性層の上に、前記第1の反強磁性層との交換異方性磁界により磁化方向が固定される固定磁性層が形成され、その上に非磁性導電層、およびフリー磁性層が積層され、さらに前記フリー磁性層の上に交換異方性磁界により前記固定磁性層の磁化方向と交叉する方向に前記フリー磁性層の磁化を揃える第2の反強磁性層が形成されており、前記第1の反強磁性層は前記第2の反強磁性層よりブロッキング温度が高く、しかも前記第1の反強磁性層と固定磁性層との交換異方性磁界が、前記第2の反強磁性層とフリー磁性層との交換異方性磁界よりも大きくなっているスピバルブ型薄膜素子の製造方法において、第1の反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層、フリー磁性層及び第2の反強磁性層を積層した後、記録媒体の洩れ磁界方向に磁界を印加し

ながら、前記第1の反強磁性層の結晶構造が規則化する温度、もしくは第2の反強磁性層のブロッキング温度より低い温度で熱処理を施し、次に、記録媒体の洩れ磁界に交叉する方向に磁界を印加しながら、前記第1の反強磁性層のブロッキング温度よりも低く、しかも前記第2の反強磁性層のブロッキング温度よりも高い温度で熱処理を施すことを特徴とするスピバルブ型薄膜素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、固定磁性層（ピン（Pinned）磁性層）の磁化の方向と外部磁界の影響を受けるフリー（Free）磁性層の磁化の方向との関係で電気抵抗が変化するいわゆるスピバルブ型薄膜磁気ヘッドに係り、特にハードバイアス層を設けなくても、フリー磁性層の磁化を適正に制御できるようにしたスピバルブ型薄膜素子に関する。

【0002】

【従来の技術】図2は、ハードディスクなどの記録媒体からの記録磁界を検出するスピバルブ型薄膜素子（スピバルブ型薄膜磁気ヘッド）の従来の構造を示す断面図である。図に示すように、反強磁性層1、固定磁性層（ピン（Pinned）磁性層）2、非磁性導電層3及びフリー（Free）磁性層4が積層され、その両側にはハードバイアス層5、5が形成されている。

【0003】従来では、反強磁性層1にはFe-Mn（鉄-マンガン）合金膜やNi-Mn（ニッケル-マンガン）合金膜、固定磁性層2及びフリー磁性層4にはFe-Ni（鉄-ニッケル）合金膜、非磁性導電層3にはCu（銅）膜、またハードバイアス層5、5にはCo-Pt（コバルト-白金）合金膜などが一般的に使用されていた。なお、符号6、7はTa（タンタル）などの非磁性材料で形成された下地層及び保護層である。

【0004】図に示すように、反強磁性層1と固定磁性層2とが接して形成され、前記固定磁性層2は、前記反強磁性層1との界面での交換結合による交換異方性磁界により、Y方向へ単磁区化され、磁化の方向がY方向に固定される。前記交換異方性磁界は、磁界をY方向へ与えながら、アニール処理（熱処理）を施すことにより前記反強磁性層1と前記固定磁性層2との界面において生じる。また、X方向に磁化されているハードバイアス層5、5の影響を受けて前記フリー磁性層4の磁化方向はX方向に揃えられている。ところで、反強磁性材料には、それぞれ固有のブロッキング温度があり、この温度を越えると、反強磁性層と磁性層との界面での交換異方性磁界は消失してしまう。

【0005】このため、反強磁性層1と固定磁性層2との界面での交換異方性磁界により、前記固定磁性層2をY方向に単磁区化する際に行われるアニール処理は、反強磁性層1を構成する反強磁性材料のブロッキング温度

以下で行う必要がある。ブロッキング温度を越える熱処理を施すと、交換異方性磁界が弱くなり（または消失し）、従って固定磁性層2の磁化がY方向に単磁区化しなくなり、検出出力でのノイズが大きくなるという問題が発生する。ちなみに、従来から反強磁性層1として使用されてきたFe-Mn合金膜のブロッキング温度は約150℃、Ni-Mn合金膜のブロッキング温度は約400℃である。

【0006】図2に示すスピバルブ型薄膜素子の製造方法としては、まず下地層6から保護層7までの6層が成膜され、その後イオンミリングなどのエッチング工程で、前記6層の側部が角度 θ の傾斜面となるように削り取られ、その後、前記6層の両側にハードバイアス層5、5が成膜される。このスピバルブ型薄膜素子では、ハードバイアス層5、5上に形成された導電層8、8から、固定磁性層2、非磁性導電層3及びフリー磁性層4に定常電流（検出電流）が与えられる。ハードディスクなどの記録媒体の走行方向はZ方向であり、記録媒体からの洩れ磁界Y方向に与えられると、フリー磁性層4の磁化がXからY方向へ向けて変化する。このフリー磁性層4内での磁化の方向の変動と、固定磁性層2の固定磁化方向との関係で電気抵抗が変化し、この電気抵抗値の変化に基づく電圧変化により、記録媒体からの洩れ磁界が検出される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】図2に示すスピバルブ薄膜素子では、下地層6から保護層7までの6層の両側にハードバイアス層5、5が形成されているため、以下のような問題点があった。まず、下地層6から保護層7までの6層の側部に形成されている傾斜面の角度 θ は、任意の範囲内に収められる必要があり、この範囲から外れた角度 θ で傾斜面が形成されると、ハードバイアス層5、5からのX方向の洩れ磁界が、フリー磁性層4に良好に伝わらず、前記フリー磁性層4の磁化がX方向に完全に揃わないという問題点が生じる。フリー磁性層4の磁化方向がX方向に完全に単磁区化されていないと、バルクハウゼンノイズが発生するなど再生特性に影響が出る。

【0008】また、図2に示すスピバルブ型薄膜素子では、フリー磁性層4の両側に形成されているハードバイアス層5、5の膜厚は薄くなっており、このために、フリー磁性層4にX方向への十分なバイアス磁界を与えることができない構造となっている。従って、前記フリー磁性層4の磁化の方向がX方向へ安定しにくく、バルクハウゼンノイズが発生しやすいという欠点がある。さらに、固定磁性層2の両側に形成されているハードバイアス層5、5の膜厚は比較的厚く形成されており、このため前記固定磁性層2は、ハードバイアス層5、5から比較的強いX方向のバイアス磁界を受けている。

【0009】前述したように、固定磁性層2の磁化は反

強磁性層1との界面での交換異方性磁界によりY方向に固定されているが、前記固定磁性層2の磁化が強固にY方向に固定されていないと、ハードバイアス層5、5のX方向へのバイアス磁界の影響を受けて変動する可能性があり、記録媒体からの洩れ磁界を良好に検出できないという問題が生じる。

【0010】本発明は上記従来の課題を解決するためのものであり、ハードバイアス層の代わりにフリー磁性層の上に、反強磁性層（以下、第2の反強磁性層）を設けて、前記フリー磁性層の磁化方向を固定磁性層の磁化方向と交叉する方向に揃えるようにしたスピバルブ型薄膜素子を提供することを目的としている。

【0011】特に、本発明では、前記第2の反強磁性層のブロッキング温度が固定磁性層と接する反強磁性層（以下、第1の反強磁性層）のブロッキング温度よりも低く、しかも第2の反強磁性層とフリー磁性層との交換異方性磁界が、第1の反強磁性層と固定磁性層との交換異方性磁界よりも小さくなるような反強磁性材料を適正に選択し、第1の反強磁性層と第2の反強磁性層とのブロッキング温度の温度差を利用して、アニール処理を施すことにより、固定磁性層とフリー磁性層との磁化の方向及び強さを適正に制御できるようにしたスピバルブ型薄膜素子の製造方法を提供することを目的としている。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明は、第1の反強磁性層の上に、前記反強磁性層との交換異方性磁界により磁化方向が固定される固定磁性層が形成され、その上に非磁性導電層、およびフリー磁性層が積層されて成るスピバルブ型薄膜素子において、前記フリー磁性層の上には交換異方性磁界により前記固定磁性層の磁化方向と交叉する方向に前記フリー磁性層の磁化を揃える第2の反強磁性層が形成されており、前記第1の反強磁性層は前記第2の反強磁性層よりブロッキング温度が高く、しかも前記第1の反強磁性層と固定磁性層との交換異方性磁界が、前記第2の反強磁性層とフリー磁性層との交換異方性磁界よりも大きいことを特徴とするものである。

【0013】本発明では、前記第1の反強磁性層のブロッキング温度が300℃以上であり、前記第2の反強磁性層のブロッキング温度が100℃～280℃であることが好ましい。

【0014】さらに、前記第1の反強磁性層と固定磁性層との交換異方性磁界が2000e（エルステッド）以上であり、前記第2の反強磁性層とフリー磁性層との交換異方性磁界が2～2000eであることが好ましい。

【0015】また、本発明では、前記第1の反強磁性層が、Pt-Mn（白金-マンガン）合金膜、Ni-Mn（ニッケル-マンガン）合金膜、Pd-Pt-Mn（パラジウム-白金-マンガン）合金膜のいずれかで形成されており、前記第2の反強磁性層が、Ir-Mn（イリ

ジウム—マンガン)合金膜、Rh—Mn(ロジウム—マンガン)合金膜、Fe—Mn(鉄—マンガン)合金膜のいずれかで形成されていることが好ましい。

【0016】前述したPt—Mn合金膜、Ni—Mn合金膜、及びPd—Pt—Mn合金膜のブロッキング温度はいずれも300℃以上と高くなっている。また固定磁性層の膜厚にもよるが、これらの反強磁性材料と固定磁性層とが接することにより生じる交換異方性磁界は非常に大きく、従って固定磁性層の磁化を強固に単磁区化することが可能である。このため、Pt—Mn合金膜、Ni—Mn合金膜、及びPd—Pt—Mn合金膜は、第1の反強磁性層を構成する反強磁性材料としては最適な材料であるといえる。

【0017】なお、前記第1の反強磁性層がPt—Mn合金膜で形成されるとき、前記Pt—Mn合金膜の組成比は、Ptが44～51原子%で、Mnが49～56原子%の範囲であることが好ましい。このような組成比で形成されたPt—Mn合金膜と固定磁性層との界面で生じる交換異方性磁界は非常に大きなものとなる。

【0018】また、前述したIr—Mn合金膜、Rh—Mn合金膜、及びFe—Mn合金膜のブロッキング温度はいずれも280℃以下と低くなっている。また、フリー磁性層の膜厚にもよるが、これらの反強磁性材料とフリー磁性層との界面で生じる交換異方性磁界は小さくなっており、従って前記フリー磁性層の磁化を固定磁性層の磁化方向と交叉する方向に、且つ外部磁界により磁化反転できる程度に揃えることが可能である。このため、Ir—Mn合金膜、Rh—Mn合金膜、及びFe—Mn合金膜は、第2の反強磁性層を構成する反強磁性材料としては最適な材料であるといえる。

【0019】また本発明は、スピバルブ型薄膜素子の製造方法において、第1の反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層、フリー磁性層及び第2の反強磁性層を積層した後、記録媒体の洩れ磁界方向に磁界を印加しながら、前記第1の反強磁性層の結晶構造が規則化する温度、もしくは第2の反強磁性層のブロッキング温度より低い温度で熱処理を施し、次に、記録媒体の洩れ磁界に交叉する方向に磁界を印加しながら、前記第1の反強磁性層のブロッキング温度よりも低く、しかも前記第2の反強磁性層のブロッキング温度よりも高い温度で熱処理を施すことを特徴とするものである。

【0020】前述したように、本発明では、第1の反強磁性層及び第2の反強磁性層が、

①第1の反強磁性層のブロッキング温度が、第2のブロッキング温度に比べて高い

②第1の反強磁性層と固定磁性層との交換異方性磁界が、前記第2の反強磁性層とフリー磁性層との交換異方性磁界に比べて大きい

なる条件を満たしている必要があり、これらの条件を満たす反強磁性材料が、第1の反強磁性層及び第2の反強

磁性層として使用されている。

【0021】本発明では、第1の反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層、フリー磁性層及び第2の反強磁性層が積層された後、まず、第1の工程として、第1の反強磁性層の結晶構造が規則化する温度、もしくは第2の反強磁性層のブロッキング温度より低い温度で、しかも記録媒体の洩れ磁界方向に磁界を印加しながらアニール処理が施される。この工程により、固定磁性層及びフリー磁性層の磁化は共に、記録媒体の洩れ磁界方向に揃えられる。

【0022】次に、第2の工程として、第1の反強磁性層のブロッキング温度以下で、且つ第2の反強磁性層のブロッキング温度以上の温度で、記録媒体の洩れ磁界方向と交叉する方向に磁界を印加しながらアニール処理が行われる。第2の反強磁性層のブロッキング温度以上でアニール処理が行われることにより、フリー磁性層と第2の反強磁性層との界面での交換異方性磁界が小さくなり(あるいは消滅し)、固定磁性層の磁化と同じ方向に単磁区化されていた前記フリー磁性層の磁化は多磁区化し、それぞれの磁区における磁気モーメントは様々な方向に向いてしまう。このような状態になった後、温度を徐々に低下させていき、アニール温度が第2の反強磁性層のブロッキング温度よりも低くなると、再び、第2の反強磁性層とフリー磁性層との界面で交換異方性磁界が生じ、フリー磁性層の磁化が固定磁性層の磁化方向と交叉する方向に揃えられる。

【0023】また、前述したように第1の反強磁性層と固定磁性層との界面で生じる交換異方性磁界は大きいいため、前記固定磁性層の磁化は記録媒体の洩れ磁界方向に強固に固定される。また、第2の反強磁性層とフリー磁性層との界面で生じる交換異方性磁界は小さいため、前記フリー磁性層の磁化は固定磁性層の磁化方向と交叉する方向に、磁化反転できる程度に揃えられる。

【0024】このように、本発明では従来のように、ハードバイアス層を設けなくても、フリー磁性層の磁化を適正に制御できるため、図2に示すように下地層6から保護層7までの多層膜を台形状に形成する必要がなく、製造工程を簡略化することができる。

【0025】またハードバイアス層を無くすことにより、従来のように、固定磁性層がハードバイアス層の洩れ磁界の影響を受け、前記固定磁性層の磁化が不安定化するという問題もなくなる。

【0026】

【発明の実施の形態】図1は、本発明のスピバルブ型薄膜素子の構造を示す断面図である。このスピバルブ型薄膜素子は、薄膜磁気ヘッドの読み出しヘッド部分に積層されるものであり、前記スピバルブ薄膜素子によりハードディスクなどの記録媒体からの洩れ磁界が検出される。なお、薄膜磁気ヘッドは、ハードディスク装置に設けられる浮上式スライダのトレーリング側端部など

に設けられており、ハードディスクなどの記録媒体の移動方向はZ方向であり、記録媒体からの洩れ磁界の方向はY方向である。

【0027】図1の最も下に形成されているのはTa（タンタル）などの非磁性材料で形成された下地層6である。この下地層6の上に、反強磁性層（第1の反強磁性層）1、固定磁性層（ピン磁性層）2が積層されている。前記固定磁性層2の上にはCu（銅）などの電気抵抗の低い非磁性導電層3が形成され、前記非磁性導電層3の上にフリー磁性層4が形成され、さらに、前記フリー磁性層4の上に反強磁性層（第2の反強磁性層）9が形成されている。そして、前記反強磁性層9の上にTa（タンタル）などの保護層7が形成されている。なお、前記固定磁性層2及びフリー磁性層4は、Co-Fe（コバルト-鉄）合金、Ni-Fe（ニッケル-鉄）合金、Co（コバルト）、Fe-Co-Ni（鉄-コバルト-ニッケル）合金などで形成される。

【0028】本発明では、前記第1の反強磁性層1及び第2の反強磁性層9には、次に示す条件を満足する反強磁性材料が使用される。

①第1の反強磁性層1のブロッキング温度が、第2の反強磁性層9のブロッキング温度に比べて高い。

②第1の反強磁性層1と固定磁性層2との交換異方性磁界が、第2の反強磁性層9とフリー磁性層4との交換異方性磁界に比べて大きい。

特に好ましい条件としては、第1の反強磁性層1のブロッキング温度が300℃以上であり、第2の反強磁性層9のブロッキング温度が100℃～280℃である。また、第1の反強磁性層1と固定磁性層2との交換異方性磁界が2000e（エルステッド）以上であり、第2の反強磁性層とフリー磁性層との交換異方性磁界が2～2000eであることが好ましい。

【0029】本発明では、前述した条件を満足する反強磁性材料として、第1の反強磁性層1には、Pt-Mn（白金-マンガン）合金膜、Ni-Mn（ニッケル-マンガン）合金膜、Pd-Pt-Mn（パラジウム-白金-マンガン）合金膜を、第2の反強磁性層9には、Ir-Mn（イリジウム-マンガン）合金膜、Rh-Mn（ロジウム-マンガン）合金膜、Fe-Mn（鉄-マンガン）合金膜を提示できる。

【0030】前述した第1の反強磁性層1として使用可能な、Pt-Mn合金膜のブロッキング温度は約380℃、Ni-Mn合金膜は約400℃、Pd-Pt-Mn合金膜は約300℃であり、いずれも300℃以上のブロッキング温度を有する反強磁性材料である。また、前述した第2の反強磁性層9として使用可能な、Ir-Mn合金膜のブロッキング温度は約240℃、Rh-Mn合金膜は約200℃、Fe-Mn合金膜は約150℃であり、いずれも100℃～280℃の範囲内のブロッキング温度を有する反強磁性材料である。

【0031】また、交換異方性磁界に関しては、反強磁性層の材質だけでなく、前記反強磁性層と接する磁性層の膜厚も関係しており、前記磁性層の膜厚が薄いほど交換異方性磁界は大きくなることが一般的に知られている。従って、第1の反強磁性層1が、Pt-Mn合金膜、Ni-Mn合金膜、またはPd-Pt-Mn合金膜のいずれかの反強磁性材料で形成され、且つ前記固定磁性層2の膜厚が適正に調節されることにより、反強磁性層1と固定磁性層2との界面での交換異方性磁界は、2000e以上に大きくなる。

【0032】なお、前記第1の反強磁性層1がPt-Mn合金膜で形成されるとき、前記Pt-Mn合金膜の組成比は、Ptが44～51原子%で、Mnが49～56原子%の範囲であることが好ましい。さらに好ましくは、Ptが46～49at%でMnが51～54at%である。このような組成比で形成されたPt-Mn合金膜による第1の反強磁性層1と固定磁性層2との界面で生じる交換異方性磁界は、非常に大きなものとなる。また、第2の反強磁性層9が、Ir-Mn合金膜、Rh-Mn合金膜、Fe-Mn合金膜のいずれかの反強磁性材料で形成され、且つ前記フリー磁性層4の膜厚が適正に調節されることにより、第2の反強磁性層9とフリー磁性層4との界面での交換異方性磁界は2～2000e程度に小さくなる。

【0033】次に、第1の反強磁性層1と第2の反強磁性層9とのブロッキング温度差、及び第1の反強磁性層と固定磁性層との交換異方性磁界と第2の反強磁性層とフリー磁性層との交換異方性磁界の強さの違いを利用して、固定磁性層2とフリー磁性層4との磁化の方向及び強さを適正に調節する方法について、以下に説明する。

【0034】図1に示すように、反強磁性層1、固定磁性層2、非磁性導電層3、フリー磁性層4及び反強磁性層9が積層された後、第1の工程として、前記第1の反強磁性層1の結晶構造が規則化（例えば反強磁性層1がPt-Mn合金膜で形成される場合、PtとMnの原子が交互に規則正しく並ぶ状態）する温度、もしくは第2の反強磁性層のブロッキング温度よりも低い温度で、しかも図示Y方向に磁界を印加してアニール処理が行われる。なお、第1の工程におけるアニール処理の時間は、結晶構造を規則化させる場合、数時間程度であり、第2の反強磁性層のブロッキング温度よりも低い温度でアニールする場合の時間は、数分～数十分である。この工程により、固定磁性層2及びフリー磁性層4の磁化が図示Y方向に単磁区化される。なお、前述したように、第1の反強磁性層1と固定磁性層2との界面で生じる交換異方性磁界は大きいために、前記固定磁性層2の磁化は図示Y方向に強固に固定される。

【0035】次に、第2の工程として、前記第1の反強磁性層1のブロッキング温度よりも低く、しかも前記第2の反強磁性層9のブロッキング温度よりも高い温度

で、図示X方向に磁界を印加してアニール処理される。なお、第2の工程におけるアニール処理の時間は数分～数十分程度である。第2工程におけるアニール処理では、前記第1の反強磁性層1のブロッキング温度よりも低く、しかも前記第2の反強磁性層9のブロッキング温度よりも高い温度が使用されるため、本発明のように前記第1の反強磁性層1のブロッキング温度は、前記第2の反強磁性層9のブロッキング温度よりも高くなっている。例えば第1の反強磁性層1にブロッキング温度が約380℃のPtMn合金膜が使用され、第2の反強磁性層9にブロッキング温度が約240℃のIrMn合金膜が使用されれば、第2工程でのアニール処理では、240℃よりも高く380℃よりも低い温度が使用可能となる。

【0036】第2工程でのアニール処理における温度が、第2の反強磁性層9のブロッキング温度よりも高いために、前記第2の反強磁性層9とフリー磁性層4との界面で生じる交換異方性磁界は小さくなり（あるいは消滅し）、第1工程で図示Y方向に単磁区化されていたフリー磁性層4の磁化は多磁区化され、それぞれの磁区における磁気モーメントの方向は色々な方向に向き始める。またこのとき、アニール処理における温度が、第1の反強磁性層1のブロッキング温度よりも低いこと、アニール処理時間が非常に短いこと、及び前述したように固定磁性層2の磁化は図示Y方向に強固に固定されていることにより、前記固定磁性層2の磁化はY方向に固定されたままとなっている。

【0037】このような状態からアニール温度を徐々に低下させていき、前記アニール温度が第2の反強磁性層9のブロッキング温度以下になったとき、再び、第2の反強磁性層9とフリー磁性層4との界面に交換結合が発生し、前記フリー磁性層4の磁化が今度は、第2工程での磁界の印加方向（図示X方向）に単磁区化される。ただし、第2の反強磁性層9とフリー磁性層4との界面での交換異方性磁界は小さい（少なくとも、第1の反強磁性層1と固定磁性層2との界面での交換異方性磁界よりも小さい）ため、前記フリー磁性層4の磁化は、記録媒体の洩れ磁界に対して（図示Y方向）、磁化反転を起す程度に単磁区化されたものとなっている。

【0038】以上のように、本発明では、フリー磁性層4の上に第2の反強磁性層9が形成され、少なくとも固定磁性層2の下に形成される第1の反強磁性層1と前記第2の反強磁性層9とが、

①第1の反強磁性層1の方が、第2の反強磁性層9よりもブロッキング温度が高い

②第1の反強磁性層1と固定磁性層2との界面での交換異方性磁界が、第2の反強磁性層9とフリー磁性層4との界面での交換異方性磁界よりも大きい

なる条件を満たす反強磁性材料で形成されている。

【0039】そして、本発明では、第1の反強磁性層1

と第2の反強磁性層9とのブロッキング温度差を利用して、アニール処理が施されることにより、固定磁性層2の磁化を図示Y方向に固定することができ、且つ前記フリー磁性層4の磁化を図示X方向に、しかも記録媒体の洩れ磁界（図示Y方向）に対して磁化反転を起す程度に単磁区化することができる。

【0040】従って、従来のように、ハードバイアス層を設ける必要がなくなり、下地層6から保護層7までの多層膜の両側を傾斜面状にエッチングする工程を省くことができ、生産工程の簡略化を実現できる。またハードバイアス層を設ける必要がなくなることにより、従来のように、固定磁性層がハードバイアス層の洩れ磁界の影響を受け、前記固定磁性層の磁化方向が不安定化するといった問題もなくなる。

【0041】以上詳述したスピンバルブ型薄膜素子では、導電層（図示しない）から固定磁性層2、非磁性導電層3及びフリー磁性層4に定常電流（検出電流）が与えられ、しかも記録媒体からY方向へ磁界が与えられると、フリー磁性層4の磁化方向がX方向からY方向へ向けて変化する。このときフリー磁性層4と固定磁性層2のうち片方の層から他方へ移動しようとする電子が、非磁性導電層3と固定磁性層2との界面、または非磁性導電層2とフリー磁性層4との界面で散乱を起こし、電気抵抗が変化する。よって定常電流が変化し、検出出力を得ることができる。

【0042】

【実施例】本発明では、図1に示す下地層6から保護層7までの7層を以下に示す材質及び膜厚で形成し、以下の条件下でアニール処理を施した。そして、第1の反強磁性層1と固定磁性層2との界面で得られた交換異方性磁界、及び第2の反強磁性層9とフリー磁性層4との界面で得られた交換異方性磁界の大きさを真空加熱機構付VSMにより測定した。その実験結果を以下に示す。

【0043】下地層6の材質をTa（タンタル）で、膜厚を500Åで形成し、第1の反強磁性層1をPt-Mn合金膜（ブロッキング温度約380℃）で、膜厚を300Åで形成し、固定磁性層2をCo-Fe合金膜で、膜厚を30Åで形成し、非磁性導電層3をCu（銅）で、膜厚を28Åで形成し、フリー磁性層4をCo-Fe合金膜で、膜厚を50Åで形成し、第2の反強磁性層9をIr-Mn合金膜（ブロッキング温度約240℃）で、膜厚を100Åで形成し、保護層7をTa（タンタル）で、膜厚を50Åで形成した。このようにして形成された多層膜に、まず図1に示すY方向に2000Oe（エルステッド）の磁界を印加しながら、230℃で4時間アニール処理を施した。

【0044】次に、図示X方向に2000Oeの磁界を印加しながら、250℃で10分間アニール処理を施

し、その後、徐々にアニール処理温度を低下させていった。その後、真空加熱機構付VSMにより交換異方性磁界を測定してみると、第1の反強磁性層1と固定磁性層2との界面での交換異方性磁界は、7000e程度と非常に大きい値を示した。これに対し、第2の反強磁性層9とフリー磁性層4との界面での交換異方性磁界は600e程度と非常に小さい値を示した。以上の実験結果により、固定磁性層2は図示Y方向に強固に単磁区化され、フリー磁性層4は図示X方向に弱く単磁区化しているものと推測される。

【0045】

【発明の効果】以上詳述した本発明によれば、少なくとも、第1の反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層及びフリー磁性層が積層されているスピバルブ型薄膜素子の前記フリー磁性層の上に第2の反強磁性層が形成され、前記フリー磁性層の磁化が適正に制御されるものである。

【0046】前記第1の反強磁性層と第2の反強磁性層に必要な条件としては、

- ①第1の反強磁性層のブロッキング温度が第2のブロッキング温度よりも低い
- ②第1の反強磁性層と固定磁性層との界面での交換異方性磁界が、第2の反強磁性層とフリー磁性層との界面での交換異方性磁界よりも小さいである。

【0047】そして、本発明では、第1の反強磁性層と第2の反強磁性層とのブロッキング温度差を利用して、まず、記録媒体の洩れ磁界方向に磁界が印加され、前記第1の反強磁性層の結晶構造が規則化する温度、もしくは第2の反強磁性層のブロッキング温度より低い温度で

アニール処理が行われ、次に、記録媒体の洩れ磁界と交叉する方向に磁界が印加され、第1の反強磁性層のブロッキング温度以下で、しかも第2の反強磁性層のブロッキング温度以上でアニール処理が行われる。

【0048】このアニール処理により、固定磁性層の磁化が記録媒体の洩れ磁界方向に強固に固定され、フリー磁性層の磁化が前記固定磁性層の磁化と交叉する方向に、しかも外部磁界により磁化反転する程度に単磁区化される。

【0049】このように、本発明では、従来のようにハードバイアス層が形成されなくても、フリー磁性層を適正に制御できるため、多層膜の形状を台形状にエッチングする工程が必要なくなり、生産工程を簡略化することができる。また、従来のように、ハードバイアス層の洩れ磁界により、固定磁性層の磁化が不安定化するという問題もなくなる。

【図面の簡単な説明】

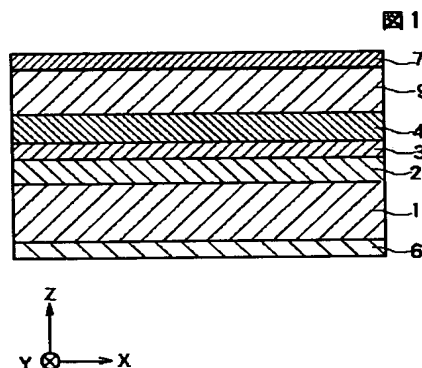
【図1】本発明のスピバルブ型薄膜素子の構造を示す断面図、

【図2】従来のスピバルブ型薄膜素子の構造を示す断面図、

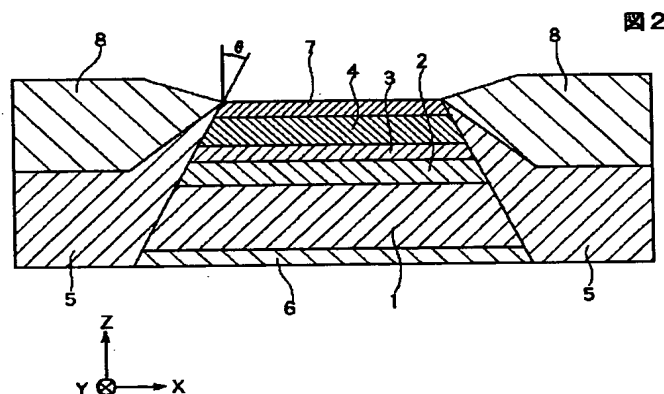
【符号の説明】

- 1 (第1の) 反強磁性層
- 2 固定磁性層
- 3 非磁性導電層
- 4 フリー磁性層
- 6 下地層
- 7 保護層
- 9 (第2の) 反強磁性層

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72) 発明者 牧野 彰宏
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-294506

(43)Date of publication of application : 04.11.1998

(51)Int.Cl.

H01L 43/08
G11B 5/39
H01F 10/08

(21)Application number : 09-100274

(71)Applicant : ALPS ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 17.04.1997

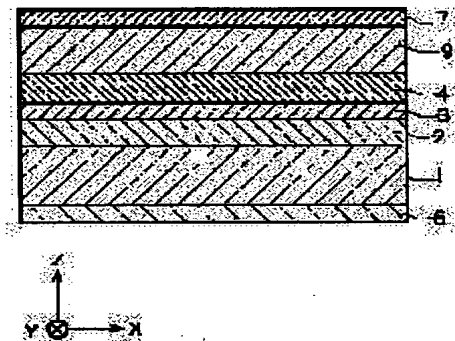
(72)Inventor : NAKAZAWA YUKIE
SAITO MASAJI
HASEGAWA NAOYA
MAKINO TERUHIRO

(54) SPIN VALVE TYPE THIN-FILM ELEMENT AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a spin valve type thin-film element which can have the magnetism of a free magnetic layer directed to a direction crossing the magnetism of a fixed magnetic layer at right angle by providing a diamagnetic layer (2nd diamagnetic layer) on the free magnetic layer instead of a hard bias layer.

SOLUTION: The diamagnetic layer 9 formed on the free magnetic layer 4 is lower than the blocking temperature of the diamagnetic layer 1 and the exchange anisotropic magnetic field between the free magnetic layer 4 and diamagnetic layer 9 is smaller than the exchange anisotropic magnetic field between the diamagnetic layer 1 and fixed magnetic layer 2. The direction and intensity of the magnetism of the fixed magnetic layer 1 and free magnetic layer 4 are properly controlled by performing an annealing process by making use of the blocking temperature between the diamagnetic layers 1 and 9.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

25.10.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3255872

[Date of registration]

30.11.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

* NOTICES *

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] In the spin bulb mold thin film which the fixed magnetic layer to which the magnetization direction is fixed by the exchange anisotropy field with said antiferromagnetism layer is formed on the 1st antiferromagnetism layer, and the laminating of a nonmagnetic conductive layer and the free magnetic layer is carried out on it, and changes On said free magnetic layer, the 2nd antiferromagnetism layer which arranges magnetization of said free magnetic layer in the direction which intersects the magnetization direction of said fixed magnetic layer by the exchange anisotropy field is formed. Said 1st antiferromagnetism layer is a spin bulb mold thin film characterized by blocking temperature being higher than said 2nd antiferromagnetism layer, and moreover the exchange anisotropy field of said 1st antiferromagnetism layer and fixed magnetic layer being larger than the exchange anisotropy field of said 2nd antiferromagnetism layer and free magnetic layer.

[Claim 2] The spin bulb mold thin film according to claim 1 whose blocking temperature of said 2nd antiferromagnetism layer the blocking temperature of said 1st antiferromagnetism layer is 300 degrees C or more, and is 100 degrees C - 280 degrees C.

[Claim 3] The spin bulb mold thin film according to claim 1 or 2 whose exchange anisotropy field of said 2nd antiferromagnetism layer and free magnetic layer the exchange anisotropy fields of said 1st antiferromagnetism layer and fixed magnetic layer are more than 200Oe(s) (oersted), and is 2-200Oe.

[Claim 4] Said 1st antiferromagnetism layer The Pt-Mn (platinum-manganese) alloy film, the nickel-Mn (nickel-manganese) alloy film, It is formed with either of the Pd-Pt-Mn (palladium-platinum-manganese) alloy film. The spin bulb thin film according to claim 1 to 3 in which said 2nd antiferromagnetism layer is formed by the Ir-Mn (iridium-manganese) alloy film, the Rh-Mn (rhodium-manganese) alloy film, or the Fe-Mn (iron-manganese) alloy film.

[Claim 5] The presentation ratio of said PtMn alloy film is a spin bulb thin film according to claim 1 to 4 whose Pt is 44 to 51 atom % when said 1st antiferromagnetism layer is formed by the Pt-Mn alloy film and whose Mn is the range of 49 - 56 atom %.

[Claim 6] On the 1st antiferromagnetism layer, the fixed magnetic layer to which the magnetization direction is fixed by the exchange anisotropy field with said 1st antiferromagnetism layer is formed. The laminating of a nonmagnetic conductive layer and the free magnetic layer is carried out on it, and the 2nd antiferromagnetism layer which arranges magnetization of said free magnetic layer is formed in the direction which crosses with the magnetization direction of said fixed magnetic layer by the exchange anisotropy field on said free magnetic layer further. Said 1st antiferromagnetism layer has blocking temperature higher than said 2nd antiferromagnetism layer. And it sets to the manufacture approach of a spin bulb mold thin film that the exchange anisotropy field of said 1st antiferromagnetism layer and fixed magnetic layer is larger than the exchange anisotropy field of said 2nd antiferromagnetism layer and free magnetic layer. Impressing a field in the direction of a leak field of a record medium, after carrying out the laminating of the 1st antiferromagnetism layer, a fixed magnetic layer, a nonmagnetic conductive layer, a free magnetic layer, and the 2nd antiferromagnetism layer Impressing a field in the direction which heat-treats at temperature lower than the temperature which the crystal structure of said 1st antiferromagnetism layer regulation-izes, or the blocking temperature of the 2nd antiferromagnetism layer, next intersects the leak field of a record medium The manufacture approach of the spin bulb mold thin film characterized by being lower than the blocking temperature of said 1st antiferromagnetism layer, and moreover heat-treating at temperature higher than the blocking temperature of said 2nd antiferromagnetism layer.

[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] Even if this invention relates to the so-called spin bulb mold thin film magnetic head from which electric resistance changes by the relation between the direction of magnetization of a fixed magnetic layer (pin (Pinned) magnetic layer), and the direction of the magnetization of a free (Free) magnetic layer influenced of an external magnetic field, especially does not prepare a hard bias layer, it relates to the spin bulb mold thin film which enabled it to control magnetization of a free magnetic layer proper.

[0002]

[Description of the Prior Art] Drawing 2 is the sectional view showing the conventional structure of a spin bulb mold thin film (spin bulb mold thin film magnetic head) of detecting the record field from record media, such as a hard disk. As shown in drawing, the laminating of the antiferromagnetism layer 1, the fixed magnetic layer (pin (Pinned) magnetic layer) 2, the nonmagnetic conductive layer 3, and the free (Free) magnetic layer 4 is carried out, and the hard bias layers 5 and 5 are formed in the both sides.

[0003] Generally in the former, the Co-Pt (cobalt-platinum) alloy film etc. was used for Cu (copper) film and the hard bias layers 5 and 5 by the Fe-Mn (iron-manganese) alloy film, the nickel-Mn (nickel-manganese) alloy film, the fixed magnetic layer 2, and the free magnetic layer 4 at the Fe-nickel (iron-nickel) alloy film and the nonmagnetic conductive layer 3 at the antiferromagnetism layer 1. In addition, signs 6 and 7 are the substrate layers and protective layers which were formed by non-magnetic materials, such as Ta (tantalum).

[0004] As shown in drawing, the antiferromagnetism layer 1 and the fixed magnetic layer 2 touch, and are formed, said fixed magnetic layer 2 is single-domain-ized in the direction of Y by the exchange anisotropy field by the switched connection in an interface with said antiferromagnetism layer 1, and the direction of magnetization is fixed in the direction of Y. Said exchange anisotropy field is produced in the interface of said antiferromagnetism layer 1 and said fixed magnetic layer 2 by performing annealing treatment (heat treatment), giving a field in the direction of Y. Moreover, in response to the effect of the hard bias layers 5 and 5 magnetized in the direction of X, the magnetization direction of said free magnetic layer 4 is arranged in the direction of X. By the way, if there is blocking temperature of a proper in an antiferromagnetism ingredient, respectively and this temperature is exceeded, the exchange anisotropy field in the interface of an antiferromagnetism layer and a magnetic layer will disappear.

[0005] For this reason, it is necessary to perform annealing treatment performed by the exchange anisotropy field in the interface of the antiferromagnetism layer 1 and the fixed magnetic layer 2 in case said fixed magnetic layer 2 is single-domain-ized in the direction of Y below at the blocking temperature of the antiferromagnetism ingredient which constitutes the antiferromagnetism layer 1. If heat treatment exceeding blocking temperature is performed, the problem that an exchange anisotropy field becomes weak (or — disappearing), therefore magnetization of the fixed magnetic layer 2 stops single-domain-izing in the direction of Y, and the noise in a detection output becomes large will occur. Incidentally, the blocking temperature of about 150 degrees C and the nickel-Mn alloy film of the blocking temperature of the Fe-Mn alloy film used as an antiferromagnetism layer 1 from the former is about 400 degrees C.

[0006] Six layers from the substrate layer 6 to a protective layer 7 are formed first, it is etching processes, such as ion milling, after that, as the manufacture approach of the spin bulb mold thin film shown in drawing 2, it is shaved off so that said flank of six layers may serve as an inclined plane of an include angle theta, and the hard bias layers 5 and 5 are formed by said both sides of six layers after that. In this spin bulb mold thin film, the stationary current (detection current) is given to the fixed magnetic layer 2, the nonmagnetic conductive layer 3, and the free magnetic layer 4 from the hard bias layer 5 and the conductive layers 8 and 8 formed on five. The transit direction of record media, such as a hard disk, is a Z direction, and if given in the direction of leak field Y from a record medium, magnetization of the free magnetic layer 4 will change from X towards the direction of Y. Electric resistance changes by the relation between fluctuation of the direction of magnetization within this free magnetic layer 4, and the fixed magnetization direction of the fixed magnetic layer 2, and the leak field from a record medium is detected by the electrical-potential-difference change based on this electric resistance value change.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In the spin bulb thin film shown in drawing 2, since the hard bias layers 5 and 5 were formed in the both sides of six layers from the substrate layer 6 to a protective layer 7, there were the following troubles. First, the include angle theta of the inclined plane currently formed in the flank of six layers from the substrate layer 6 to a protective layer 7 needs to be stored within the limits of arbitration, and if an inclined

THIS PAGE BLANK (USP 10)

plane is formed at the include angle theta from which it separated from this range, the trouble that the leak field of the direction of X from the hard bias layers 5 and 5 does not get across to the free magnetic layer 4 good, and does not gather completely [magnetization of said free magnetic layer 4 / the direction of X] will produce it. If the magnetization direction of the free magnetic layer 4 is not completely single-domain-ized in the direction of X, reproducing characteristics — a Barkhausen noise occurs — will be affected.

[0008] Moreover, in the spin bulb mold thin film shown in drawing 2 , the thickness of the hard bias layers 5 and 5 currently formed in the both sides of the free magnetic layer 4 has the structure where it is thin, for this reason sufficient bias field to the direction of X cannot be given to the free magnetic layer 4. Therefore, the direction of magnetization of said free magnetic layer 4 cannot be easily stabilized in the direction of X, and there is a fault of being easy to generate a Barkhausen noise. Furthermore, the thickness of the hard bias layers 5 and 5 currently formed in the both sides of the fixed magnetic layer 2 is formed comparatively thickly, and, for this reason, said fixed magnetic layer 2 has received the bias field of the comparatively strong direction of X from the hard bias layers 5 and 5.

[0009] As mentioned above, magnetization of the fixed magnetic layer 2 is being fixed in the direction of Y by the exchange anisotropy field in an interface with the antiferromagnetism layer 1, but if magnetization of said fixed magnetic layer 2 is not being firmly fixed in the direction of Y, it may change in response to the effect of the bias field to the direction of X of the hard bias layers 5 and 5, and the problem that the leak field from a record medium is undetectable good will arise.

[0010] This invention is for solving the above-mentioned conventional technical problem, and instead of the hard bias layer, an antiferromagnetism layer (following and 2nd antiferromagnetism layer) is prepared on a free magnetic layer, and it aims at offering the spin bulb mold thin film which arranged the magnetization direction of said free magnetic layer in the magnetization direction of a fixed magnetic layer, and the crossing direction.

[0011] The antiferromagnetism layer to which the blocking temperature of said 2nd antiferromagnetism layer touches a fixed magnetic layer by this invention especially Are lower than the blocking temperature of (the following and 1st antiferromagnetism layer). Moreover, the exchange anisotropy field of the 2nd antiferromagnetism layer and a free magnetic layer By choosing an antiferromagnetism ingredient which becomes smaller than the exchange anisotropy field of the 1st antiferromagnetism layer and a fixed magnetic layer proper, and performing annealing treatment using the temperature gradient of the blocking temperature of the 1st antiferromagnetism layer and the 2nd antiferromagnetism layer It aims at offering the manufacture approach of the spin bulb mold thin film which enabled it to control the direction and strength of magnetization proper. [magnetic layer / a fixed magnetic layer and / free]

[0012]

[Means for Solving the Problem] In the spin bulb mold thin film of which the fixed magnetic layer to which the magnetization direction is fixed by the exchange anisotropy field with said antiferromagnetism layer is formed on the 1st antiferromagnetism layer, the laminating of a nonmagnetic conductive layer and the free magnetic layer is carried out on it, and this invention consists On said free magnetic layer, the 2nd antiferromagnetism layer which arranges magnetization of said free magnetic layer in the direction which intersects the magnetization direction of said fixed magnetic layer by the exchange anisotropy field is formed. Said 1st antiferromagnetism layer has blocking temperature higher than said 2nd antiferromagnetism layer, and, moreover, the exchange anisotropy field of said 1st antiferromagnetism layer and fixed magnetic layer is characterized by being larger than the exchange anisotropy field of said 2nd antiferromagnetism layer and free magnetic layer.

[0013] It is desirable that the blocking temperature of said 1st antiferromagnetism layer is 300 degrees C or more, and the blocking temperature of said 2nd antiferromagnetism layer is 100 degrees C – 280 degrees C in this invention.

[0014] Furthermore, the exchange anisotropy fields of said 1st antiferromagnetism layer and fixed magnetic layer are more than 200Oe(s) (oersted), and it is desirable that the exchange anisotropy field of said 2nd antiferromagnetism layer and free magnetic layer is 2–200Oe.

[0015] Said 1st antiferromagnetism layer in this invention Moreover, the Pt–Mn (platinum–manganese) alloy film, It is formed by the nickel–Mn (nickel–manganese) alloy film or the Pd–Pt–Mn (palladium–platinum–manganese) alloy film. It is desirable that said 2nd antiferromagnetism layer is formed by the Ir–Mn (iridium–manganese) alloy film, the Rh–Mn (rhodium–manganese) alloy film, or the Fe–Mn (iron–manganese) alloy film.

[0016] Each blocking temperature of the Pt–Mn alloy film mentioned above, the nickel–Mn alloy film, and the Pd–Pt–Mn alloy film is high with 300 degrees C or more. Moreover, although based also on the thickness of a fixed magnetic layer, the exchange anisotropy field produced when these antiferromagnetism ingredients and fixed magnetic layers touch is very large, therefore it is possible to single-domain-ize magnetization of a fixed magnetic layer firmly. For this reason, it can be said that the Pt–Mn alloy film, the nickel–Mn alloy film, and the Pd–Pt–Mn alloy film are the ingredients optimal as an antiferromagnetism ingredient which constitutes the 1st antiferromagnetism layer.

[0017] In addition, when said 1st antiferromagnetism layer is formed by the Pt–Mn alloy film, Pt is 44 to 51 atom %, and, as for the presentation ratio of said PtMn alloy film, it is desirable that Mn is the range of 49 – 56 atom %. The exchange anisotropy field produced in the interface of the Pt–Mn alloy film and fixed magnetic layer which were formed by such presentation ratio will become very big.

[0018] Moreover, each blocking temperature of the Ir–Mn alloy film mentioned above, the Rh–Mn alloy film, and the Fe–Mn alloy film is low with 280 degrees C or less. moreover, the direction which the exchange anisotropy field produced in the interface of these antiferromagnetism ingredients and free magnetic layers is small, therefore

THIS PAGE BLANK (USPTO)

intersects the magnetization direction of a fixed magnetic layer in magnetization of said free magnetic layer although based also on the thickness of a free magnetic layer — and it is possible to keep step with extent which can carry out flux reversal by the external magnetic field. For this reason, it can be said that the Ir-Mn alloy film, the Rh-Mn alloy film, and the Fe-Mn alloy film are the ingredients optimal as an antiferromagnetism ingredient which constitutes the 2nd antiferromagnetism layer.

[0019] Moreover, this invention, impressing a field in the direction of a leak field of a record medium in the manufacture approach of a spin bulb mold thin film, after carrying out the laminating of the 1st antiferromagnetism layer, a fixed magnetic layer, a nonmagnetic conductive layer, a free magnetic layer, and the 2nd antiferromagnetism layer. Impressing a field in the direction which heat-treats at temperature lower than the temperature which the crystal structure of said 1st antiferromagnetism layer regulation-izes, or the blocking temperature of the 2nd antiferromagnetism layer, next intersects the leak field of a record medium. It is lower than the blocking temperature of said 1st antiferromagnetism layer, and is characterized by moreover heat-treating at temperature higher than the blocking temperature of said 2nd antiferromagnetism layer.

[0020] As mentioned above, in this invention the 1st antiferromagnetism layer and the 2nd antiferromagnetism layer ** the blocking temperature of the 1st antiferromagnetism layer — the 2nd blocking temperature — comparing — high ** — the exchange anisotropy field of the 1st antiferromagnetism layer and a fixed magnetic layer. It is necessary to fulfill the becoming large conditions compared with the exchange anisotropy field of said 2nd antiferromagnetism layer and free magnetic layer, and the antiferromagnetism ingredient which fulfills these conditions is used as the 1st antiferromagnetism layer and 2nd antiferromagnetism layer.

[0021] In this invention, after the laminating of the 1st antiferromagnetism layer, a fixed magnetic layer, a nonmagnetic conductive layer, a free magnetic layer, and the 2nd antiferromagnetism layer is carried out, first, it is the temperature lower than the temperature which the crystal structure of the 1st antiferromagnetism layer regulation-izes, or the blocking temperature of the 2nd antiferromagnetism layer as the 1st process, and annealing treatment is performed, impressing a field in the direction of a leak field of a record medium moreover. According to this process, both magnetization of a fixed magnetic layer and a free magnetic layer is arranged in the direction of a leak field of a record medium.

[0022] Next, as the 2nd process, it is below the blocking temperature of the 1st antiferromagnetism layer, and annealing treatment is performed, impressing a field in the direction which intersects the direction of a leak field of a record medium at the temperature beyond the blocking temperature of the 2nd antiferromagnetism layer. By performing annealing treatment above the blocking temperature of the 2nd antiferromagnetism layer, the exchange anisotropy field in the interface of a free magnetic layer and the 2nd antiferromagnetism layer will become small (or — disappearing), magnetization of a fixed magnetic layer and magnetization of said free magnetic layer single-domain-ized in the same direction will be formed into many magnetic domains, and the magnetic moment in each magnetic domain will be suitable in the various directions. If temperature is reduced gradually and annealing temperature becomes lower than the blocking temperature of the 2nd antiferromagnetism layer after being in such a condition, again, an exchange anisotropy field will arise in the interface of the 2nd antiferromagnetism layer and a free magnetic layer, and magnetization of a free magnetic layer will be arranged in the magnetization direction of a fixed magnetic layer, and the crossing direction.

[0023] Moreover, since the exchange anisotropy field produced in the interface of the 1st antiferromagnetism layer and a fixed magnetic layer is large as mentioned above, magnetization of said fixed magnetic layer is firmly fixed in the direction of a leak field of a record medium. Moreover, since the exchange anisotropy field produced in the interface of the 2nd antiferromagnetism layer and a free magnetic layer is small, magnetization of said free magnetic layer is arranged with extent which can carry out flux reversal in the magnetization direction of a fixed magnetic layer, and the crossing direction.

[0024] Thus, since magnetization of a free magnetic layer is controllable by this invention proper like before even if it does not prepare a hard bias layer, as shown in drawing 2, it is not necessary to form the multilayers from the substrate layer 6 to a protective layer 7 in trapezoidal shape, and a production process can be simplified.

[0025] Moreover, by losing a hard bias layer, like before, a fixed magnetic layer is influenced of the leak field of a hard bias layer, and that also of the problem that magnetization of said fixed magnetic layer destabilizes is lost.

[0026]

[Embodiment of the Invention] Drawing 1 is the sectional view showing the structure of the spin bulb mold thin film of this invention. The laminating of this spin bulb mold thin film is carried out to the read-out head part of the thin film magnetic head, and the leak field from record media, such as a hard disk, is detected by said spin bulb thin film. In addition, the thin film magnetic head is prepared in the trailing side edge section of the surfacing type slider formed in a hard disk drive unit etc., the migration direction of record media, such as a hard disk, is a Z direction, and the direction of the leak field from a record medium is the direction of Y.

[0027] The substrate layer 6 formed by non-magnetic materials, such as Ta (tantalum), is formed in the bottom of drawing 1. On this substrate layer 6, the laminating of the antiferromagnetism layer (1st antiferromagnetism layer) 1 and the fixed magnetic layer (pin magnetic layer) 2 is carried out. On said fixed magnetic layer 2, the nonmagnetic conductive layer 3 with low electric resistance, such as Cu (copper), is formed, the free magnetic layer 4 is formed on said nonmagnetic conductive layer 3, and the antiferromagnetism layer (2nd antiferromagnetism layer) 9 is further formed on said free magnetic layer 4. And the protective layers 7, such as Ta (tantalum), are formed on said antiferromagnetism layer 9. In addition, said fixed magnetic layer 2 and free magnetic layer 4 are formed with a Co-Fe (cobalt-iron) alloy, a nickel-Fe (nickel-iron) alloy, Co (cobalt), a Fe-Co-nickel (iron-cobalt-nickel) alloy, etc.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[0028] In this invention, the antiferromagnetism ingredient which is satisfied with said 1st antiferromagnetism layer 1 and the 2nd antiferromagnetism layer 9 of the conditions shown below is used.

** The blocking temperature of the 1st antiferromagnetism layer 1 is high compared with the blocking temperature of the 2nd antiferromagnetism layer 9.

** The exchange anisotropy field of the 1st antiferromagnetism layer 1 and the fixed magnetic layer 2 is large compared with the exchange anisotropy field of the 2nd antiferromagnetism layer 9 and the free magnetic layer 4. As especially desirable conditions, the blocking temperature of the 1st antiferromagnetism layer 1 is 300 degrees C or more, and the blocking temperature of the 2nd antiferromagnetism layer 9 is 100 degrees C – 280 degrees C. Moreover, the exchange anisotropy fields of the 1st antiferromagnetism layer 1 and the fixed magnetic layer 2 are more than 200Oe(s) (oersted), and it is desirable that the exchange anisotropy field of the 2nd antiferromagnetism layer and a free magnetic layer is 2–200Oe.

[0029] As an antiferromagnetism ingredient which is satisfied with this invention of the conditions mentioned above, in the 1st antiferromagnetism layer 1 The Pt–Mn (platinum–manganese) alloy film, the nickel–Mn (nickel–manganese) alloy film, and the Pd–Pt–Mn (palladium–platinum–manganese) alloy film in the 2nd antiferromagnetism layer 9 The Ir–Mn (iridium–manganese) alloy film, the Rh–Mn (rhodium–manganese) alloy film, and the Fe–Mn (iron–manganese) alloy film can be shown.

[0030] The blocking temperature of the Pt–Mn alloy film usable as 1st antiferromagnetism layer 1 mentioned above is an antiferromagnetism ingredient with which about 400 degrees C and the Pd–Pt–Mn alloy film are about 300 degrees C, and, as for about 380 degrees C and the nickel–Mn alloy film, all have the blocking temperature of 300 degrees C or more. Moreover, the blocking temperature of the Ir–Mn alloy film usable as 2nd antiferromagnetism layer 9 mentioned above is an antiferromagnetism ingredient with which about 200 degrees C and the Fe–Mn alloy film are about 150 degrees C, and, as for about 240 degrees C and the Rh–Mn alloy film, all have the blocking temperature within the limits of 100 degrees C – 280 degrees C.

[0031] Moreover, about an exchange anisotropy field, not only the quality of the material of an antiferromagnetism layer but the thickness of the magnetic layer which touches said antiferromagnetism layer is related, and generally it is known that an exchange anisotropy field will become large, so that the thickness of said magnetic layer is thin. Therefore, the exchange anisotropy field in the interface of the antiferromagnetism layer 1 and the fixed magnetic layer 2 becomes large at 200 or more Oes by forming the 1st antiferromagnetism layer 1 with the antiferromagnetism ingredient of either the Pt–Mn alloy film, the nickel–Mn alloy film or the Pd–Pt–Mn alloy film, and adjusting the thickness of said fixed magnetic layer 2 proper.

[0032] In addition, when said 1st antiferromagnetism layer 1 is formed by the Pt–Mn alloy film, Pt is 44 to 51 atom %, and, as for the presentation ratio of said PtMn alloy film, it is desirable that Mn is the range of 49 – 56 atom %. Pt is [Mn] 51 – 54at% at 46 – 49at% still more preferably. The exchange anisotropy field produced in the interface of the 1st antiferromagnetism layer 1 and the fixed magnetic layer 2 by the Pt–Mn alloy film formed by such presentation ratio will become very big. Moreover, the exchange anisotropy field in the interface of the 2nd antiferromagnetism layer 9 and the free magnetic layer 4 becomes small to 2 – 200Oe extent by forming the 2nd antiferromagnetism layer 9 with one antiferromagnetism ingredient of the Ir–Mn alloy film, the Rh–Mn alloy film, and the Fe–Mn alloy film, and adjusting the thickness of said free magnetic layer 4 proper.

[0033] Next, the approach of the fixed magnetic layer 2 and the free magnetic layer 4 of adjusting the direction and strength of magnetization proper is explained below using the difference between the blocking temperature gradient of the 1st antiferromagnetism layer 1 and the 2nd antiferromagnetism layer 9, and the exchange anisotropy magnetic field strength of the exchange anisotropy field of the 1st antiferromagnetism layer and a fixed magnetic layer, the 2nd antiferromagnetism layer, and a free magnetic layer.

[0034] As shown in drawing 1, after the laminating of the antiferromagnetism layer 1, the fixed magnetic layer 2, the nonmagnetic conductive layer 3, the free magnetic layer 4, and the antiferromagnetism layer 9 is carried out, as the 1st process The crystal structure of said 1st antiferromagnetism layer 1 is regulation-ization (for example, when the antiferromagnetism layer 1 is formed by the Pt–Mn alloy film). It is temperature lower than the temperature with which the atom of Pt and Mn is regularly located in a line by turns and which carries out a condition, or the blocking temperature of the 2nd antiferromagnetism layer, and moreover, a field is impressed in the direction of illustration Y, and annealing treatment is performed. In addition, when the time amount of the annealing treatment in the 1st process makes a crystal structure regulation-ize, it is about several hours, and the time amount in the case of annealing at temperature lower than the blocking temperature of the 2nd antiferromagnetism layer is several minutes – dozens of minutes. Magnetization of the fixed magnetic layer 2 and the free magnetic layer 4 is single-domain-ized in the direction of illustration Y by this process. In addition, since the exchange anisotropy field produced in the interface of the 1st antiferromagnetism layer 1 and the fixed magnetic layer 2 is large as mentioned above, magnetization of said fixed magnetic layer 2 is firmly fixed in the direction of illustration Y.

[0035] Next, as the 2nd process, it is lower than the blocking temperature of said 1st antiferromagnetism layer 1, and at temperature higher than the blocking temperature of said 2nd antiferromagnetism layer 9, a field is impressed in the direction of illustration X, and, moreover, annealing treatment is carried out. In addition, the time amount of the annealing treatment in the 2nd process is several minutes – about dozens of minutes. In the annealing treatment in the 2nd process, since it is lower than the blocking temperature of said 1st antiferromagnetism layer 1 and temperature higher than the blocking temperature of said 2nd antiferromagnetism layer 9 is moreover used, the blocking temperature of said 1st antiferromagnetism layer 1 must be higher than the blocking temperature of said 2nd antiferromagnetism layer 9 like this invention. For example, if the PtMn alloy film whose blocking temperature is

THIS PAGE BLANK (USPTO)

about 380 degrees C is used for the 1st antiferromagnetism layer 1 and the IrMn alloy film whose blocking temperature is about 240 degrees C is used for the 2nd antiferromagnetism layer 9, in the annealing treatment in the 2nd process, temperature [higher than 240 degrees C] lower than 380 degrees C will become usable. [0036] Since the temperature in the annealing treatment in the 2nd process is higher than the blocking temperature of the 2nd antiferromagnetism layer 9 The exchange anisotropy field produced in the interface of said 2nd antiferromagnetism layer 9 and free magnetic layer 4 becomes small (or — disappearing). Magnetization of the free magnetic layer 4 single-domain-ized in the direction of illustration Y at the 1st process is formed into many magnetic domains, and it is begun to turn to the direction of the magnetic moment in each magnetic domain in the various directions. Moreover, magnetization of said fixed magnetic layer 2 has become [being fixed in the direction of Y with as, and] that the temperature in annealing treatment is lower than the blocking temperature of the 1st antiferromagnetism layer 1, that the annealing processing time is very short, and by fixing magnetization of the fixed magnetic layer 2 in the direction of illustration Y firmly, as mentioned above at this time.

[0037] When annealing temperature is gradually reduced from such a condition and said annealing temperature turns into below the blocking temperature of the 2nd antiferromagnetism layer 9, again, switched connection occurs in the interface of the 2nd antiferromagnetism layer 9 and the free magnetic layer 4, and magnetization of said free magnetic layer 4 is shortly single-domain-ized in the impression direction (the direction of illustration X) of the field in the 2nd process. However, since the exchange anisotropy field in the interface of the 2nd antiferromagnetism layer 9 and the free magnetic layer 4 was small (smaller at least than the exchange anisotropy field in the interface of the 1st antiferromagnetism layer 1 and the fixed magnetic layer 2), magnetization of said free magnetic layer 4 had been single-domain-ized to the leak field of a record medium (the direction of illustration Y) by extent which starts flux reversal.

[0038] As mentioned above, in this invention, the 2nd antiferromagnetism layer 9 is formed on the free magnetic layer 4. The 1st antiferromagnetism layer 1 formed in the bottom of the fixed magnetic layer 2 at least and said 2nd antiferromagnetism layer 9 ** the direction of the 1st antiferromagnetism layer 1 — ** with blocking temperature higher than the 2nd antiferromagnetism layer 9 — the exchange anisotropy field in the interface of the 1st antiferromagnetism layer 1 and the fixed magnetic layer 2 It is formed with the antiferromagnetism ingredient which fulfills the becoming larger conditions than the exchange anisotropy field in the interface of the 2nd antiferromagnetism layer 9 and the free magnetic layer 4.

[0039] And using the blocking temperature gradient of the 1st antiferromagnetism layer 1 and the 2nd antiferromagnetism layer 9, by performing annealing treatment, magnetization of the fixed magnetic layer 2 can be fixed in the direction of illustration Y, and magnetization of said free magnetic layer 4 can be single-domain-ized in this invention to extent which moreover starts flux reversal to the leak field (the direction of illustration Y) of a record medium in the direction of illustration X.

[0040] Therefore, the process which it becomes unnecessary to prepare a hard bias layer, and etches the both sides of the multilayers from the substrate layer 6 to a protective layer 7 in the shape of an inclined plane like before can be skipped, and simplification of a production process can be realized. Moreover, by it becoming unnecessary preparing a hard bias layer, like before, a fixed magnetic layer is influenced of the leak field of a hard bias layer, and that also of the problem that the magnetization direction of said fixed magnetic layer destabilizes is lost.

[0041] In the spin bulb mold thin film explained in full detail above, if the stationary current (detection current) is given to the fixed magnetic layer 2, the nonmagnetic conductive layer 3, and the free magnetic layer 4 from a conductive layer (not shown) and a field is moreover given in the direction of Y from a record medium, the magnetization direction of the free magnetic layer 4 will change from X towards the direction of Y. At this time, a lifting and electric resistance change [the electron which is going to move to another side] dispersion from layer of one of the two among the free magnetic layer 4 and the fixed magnetic layer 2 by the interface of the nonmagnetic conductive layer 3 and the fixed magnetic layer 2, or the interface of the nonmagnetic conductive layer 2 and the free magnetic layer 4. Therefore, the stationary current can change and a detection output can be obtained.

[0042]

[Example] In this invention, it formed by the quality of the material and thickness which show below seven layers from the substrate layer 6 shown in drawing 1 to a protective layer 7, and annealing treatment was performed under the following conditions. And the magnitude of the exchange anisotropy field acquired by the interface of the 1st antiferromagnetism layer 1 and the fixed magnetic layer 2 and the exchange anisotropy field acquired by the interface of the 2nd antiferromagnetism layer 9 and the free magnetic layer 4 was measured by VSM with a vacuum heating device. The experimental result is shown below.

[0043] By Ta (tantalum), the quality of the material of the substrate layer 6 is formed, and thickness is formed by 50A. The 1st antiferromagnetism layer 1 by the Pt-Mn alloy film (blocking temperature of about 380 degrees C) Thickness is formed by 300A. The fixed magnetic layer 2 by the Co-Fe alloy film Thickness is formed by 30A. The nonmagnetic conductive layer 3 by Cu (copper) Thickness is formed by 28A. The free magnetic layer 4 by the Co-Fe alloy film Thickness was formed by 50A, the 2nd antiferromagnetism layer 9 was formed by the Ir-Mn alloy film (blocking temperature of about 240 degrees C), film Thu was formed by 100A, the protective layer 7 was formed by Ta (tantalum), and thickness was formed by 50A. Thus, annealing treatment was performed to the formed multilayers at 230 degrees C for 4 hours, impressing the field of 2000Oe(s) (oersted) in the direction of Y first shown in drawing 1.

[0044] Next, impressing the field of 2000Oe(s) in the direction of illustration X, annealing treatment was performed

THIS PAGE BLANK (USPTO)

for 10 minutes at 250 degrees C, and annealing treatment temperature was reduced gradually after that. Then, when the exchange anisotropy field was measured by VSM with a vacuum heating device, the exchange anisotropy field in the interface of the 1st antiferromagnetism layer 1 and the fixed magnetic layer 2 showed 700Oe extent and the very large value. On the other hand, the exchange anisotropy field in the interface of the 2nd antiferromagnetism layer 9 and the free magnetic layer 4 showed 60Oe extent and the very small value. By the above experimental result, the fixed magnetic layer 2 is firmly single-domain-ized in the direction of illustration Y, and it is guessed that the free magnetic layer 4 is what is weakly single-domain-ized in the direction of illustration X.

[0045]

[Effect of the Invention] According to this invention explained in full detail above, the 2nd antiferromagnetism layer is formed at least on said free magnetic layer of the spin bulb mold thin film to which the laminating of the 1st antiferromagnetism layer, fixed magnetic layer, nonmagnetic conductive layer, and free magnetic layer is carried out, and magnetization of said free magnetic layer is controlled proper.

[0046] as conditions required for said 1st antiferromagnetism layer and the 2nd antiferromagnetism layer — ** — ** with the blocking temperature of the 1st antiferromagnetism layer lower than the 2nd blocking temperature — the exchange anisotropy field in the interface of the 1st antiferromagnetism layer and a fixed magnetic layer is smaller than the exchange anisotropy field in the interface of the 2nd antiferromagnetism layer and a free magnetic layer — it comes out.

[0047] And in this invention, the blocking temperature gradient of the 1st antiferromagnetism layer and the 2nd antiferromagnetism layer is used. First, the temperature which a field is impressed in the direction of a leak field of a record medium, and the crystal structure of said 1st antiferromagnetism layer regulation-izes, A field is impressed in the direction which annealing treatment is performed at temperature lower than the blocking temperature of the 2nd antiferromagnetism layer, next intersects the leak field of a record medium. Or below at the blocking temperature of the 1st antiferromagnetism layer And annealing treatment is performed above the blocking temperature of the 2nd antiferromagnetism layer.

[0048] Magnetization of a fixed magnetic layer is firmly fixed in the direction of a leak field of a record medium by this annealing treatment, and it is single-domain-ized by extent which moreover carries out flux reversal in the direction in which magnetization of a free magnetic layer intersects magnetization of said fixed magnetic layer by the external magnetic field.

[0049] Thus, since a free magnetic layer is controllable by this invention proper even if a hard bias layer is not formed like before, the process which etches the configuration of multilayers into trapezoidal shape becomes unnecessary, and can simplify a production process. Moreover, the problem that magnetization of a fixed magnetic layer destabilizes is also lost by the leak field of a hard bias layer like before.

[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The sectional view showing the structure of the spin bulb mold thin film of this invention,

[Drawing 2] The sectional view showing the structure of the conventional spin bulb mold thin film,

[Description of Notations]

1 1st Antiferromagnetism Layer

2 Fixed Magnetic Layer

3 Nonmagnetic Conductive Layer

4 Free Magnetic Layer

6 Substrate Layer

7 Protective Layer

9 2nd Antiferromagnetism Layer

[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

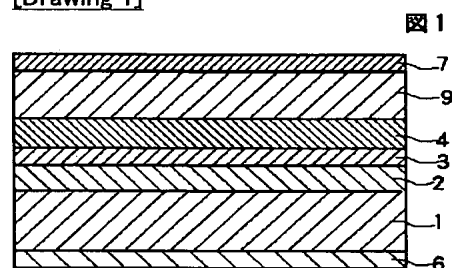
*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

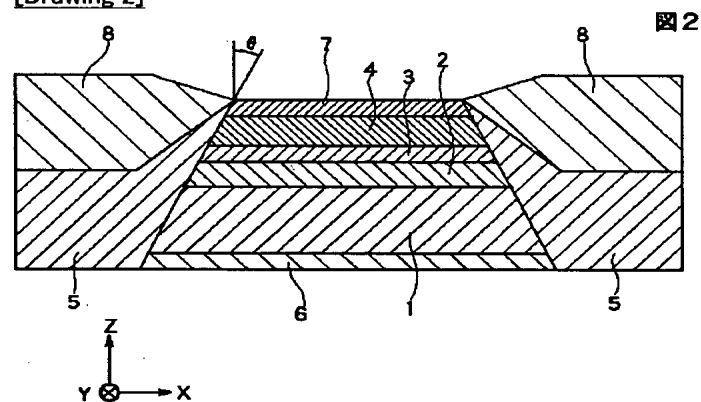
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

[Drawing 1]



[Drawing 2]



[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)